



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113400304 A

(43) 申请公布日 2021.09.17

(21) 申请号 202110615405.6

(22) 申请日 2021.06.02

(71) 申请人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区清华园1号

(72) 发明人 程奥华 丘铨可 郝瀚 徐奕舟
聂宇轩 蒋玉骅 杨翥然 郑钢铁(74) 专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事
务所(普通合伙) 11201

代理人 罗文群

(51) Int. Cl.

B25J 9/16 (2006.01)

B25J 18/00 (2006.01)

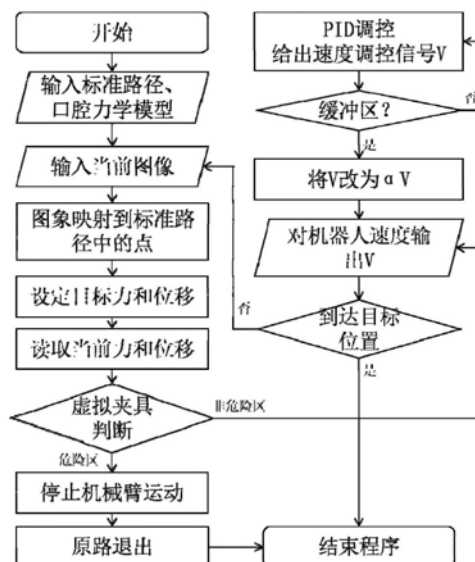
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54) 发明名称

一种机器人气管插管的作用力-位移-视觉混合控制方法

(57) 摘要

本发明属于医疗器械技术领域,特别涉及一种机器人气管插管的作用力-位移-视觉混合控制方法。本方法首先利用插管标准路径和口腔力学模型,通过视觉图像映射得到标准路径中的对应点,分别根据机器人装置、标准路径和力学模型,读取理论与实际的位移和力信息,使用虚拟夹具方法判断所在区域安全性,根据安全分区使用并联PID调控调控机械臂运动速度。本发明联合使用了气管插管中的力、位移和视觉信息,通过虚拟夹具、并联PID控制和阈值控制方法,实现了喉镜和导管的安全、高效插入,保证了插管姿态的准确性,为机器人自动气管插管提供了坚实基础。



1. 一种机器人气管插管的作用力-位移-视觉混合控制方法,其特征在于该方法首先利用插管标准路径和口腔力学模型,通过视觉图像映射得到标准路径中的对应点,分别根据机器人装置、标准路径和力学模型,读取理论与实际的位移和力信息,使用虚拟夹具方法判断所在区域安全性,根据安全分区使用并联PID调控机械臂运动速度。

2. 如权利要求1所述的机器人气管插管的作用力-位移-视觉混合控制方法,其特征在于具体过程包括以下步骤:

(1) 根据机器人气管插管的历史记录数据,建立口腔中作用力-位移-视觉的映射关系;

(2) 将步骤(1)的作用力-位移-视觉映射关系和设定的标准路径输入机器人;

(3) 机器人在气管插管过程中,采集口腔内部图像,提取图像特征,根据步骤(1)的作用力-位移-视觉的映射关系,得到与该图像特征相对应的标准路径中的机械臂末端的位置和姿态向量 x_0 和机械臂末端的力和力矩向量 f_0 ;

(4) 读取机械臂末端的当前位置和姿态向量 x_1 以及机械臂末端的当前力和力矩向量 f_1 ;

(5) 采用虚拟夹具方法,对与步骤(4)的数据相对应的机器人气管插管状态进行判断,包括以下步骤:

(5-1) 根据步骤(3)和步骤(4),计算机械臂末端的当前位置和姿态向量 x_1 与标准路径中的机械臂末端的位置和姿态向量 x_0 的差值: $x = x_1 - x_0$,机械臂末端的当前力和力矩向量 f_1 与标准路径中的机械臂末端的力和力矩向量 f_0 的差值: $f = f_1 - f_0$;

(5-2) 根据步骤(5-1)的两个差值,计算判断目标函数 $y = x^T A x + f^T B f$,其中,上标T矩阵转置,A、B为拟合得到的系数矩阵;

(5-3) 设定对步骤(4)状态的判断阈值 y_1 和 y_2 :

若 $y < y_1$,则机器人气管插管处于安全区,进行步骤(6),若 $y_1 \leq y \leq y_2$,则机器人气管插管处于缓冲区,进行步骤(6),若 $y > y_2$,则机器人气管插管处于危险区,使机器人退出;

(6) 将步骤(5)的 x 和 f 合并为一个偏移向量 $P = [x, f]$,对机器人进行力-位移并联控制如下:利用线性映射方法,将偏移向量 P 、偏移向量 P 随时间的累积 I 、偏移向量 P 的差分 D 三个值,线性映射为一个控制机器人气管插管的速度-角速度信号 V ,若机器人气管插管处于安全区,向机器人输出信号 V ,若机器人气管插管处于缓冲区,输出信号 αV ,其中 α 为预设的参数, $0 < \alpha < 1$,实现机器人气管插管的作用力-位移-视觉的混合控制。

一种机器人气管插管的作用力-位移-视觉混合控制方法

技术领域

[0001] 本发明属于医疗器械技术领域,特别涉及一种机器人气管插管的作用力-位移-视觉混合控制方法。

背景技术

[0002] 传统插入喉镜的手术操作由于缺乏实时的口腔图像,主要依靠医生对口腔及呼吸道的把握及手感,凭经验完成插管动作,耗时长且存在一定危险,对于治疗呼吸道传染病的手术医师,这种近距离操作更是面临交叉感染的风险。而图像处理、力反馈控制等机器人自动化技术能够通过综合力、位移和视觉信息精确把握“手感”,保护医生患者。因此,我们希望建立一种机器人气管插管的控制方法。

[0003] 而目前对机器人控制方法大多单独依赖视觉、力学或操作者的遥控来导航和反馈。已有的同时具有视觉导航和力反馈的专利研究也不多。如专利《机器人控制装置、机器人系统、机器人以及机器人控制方法》专利中,同时具有图像获取和力检测来控制机器人移动,但获得的视觉图像与力并无直接的混合使用,而力学信息更多的是作为安全的检测而非主动更具力来指导运动。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提出一种机器人气管插管的作用力-位移-视觉混合控制方法,综合力-位移和视觉的信息,通过相机获取口腔内部形体,再将图像输入计算机读取力、位移信息,上述信息通过虚拟夹具、并联PID两项控制算法,指导气管高效插入指定部位。

[0005] 本发明提出的机器人气管插管的作用力-位移-视觉混合控制方法,首先利用插管标准路径和口腔力学模型,通过视觉图像映射得到标准路径中的对应点,分别根据机器人装置、标准路径和力学模型,读取理论与实际的位移和力信息,使用虚拟夹具方法判断所在区域安全性,根据安全分区使用并联PID调控机械臂运动速度。

[0006] 上述机器人气管插管的作用力-位移-视觉混合控制方法,包括以下步骤:

[0007] (1) 根据机器人气管插管的历史记录数据,建立口腔中作用力-位移-视觉的映射关系;

[0008] (2) 将步骤(1)的作用力-位移-视觉映射关系和设定的标准路径输入机器人;

[0009] (3) 机器人在气管插管过程中,采集口腔内部图像,提取图像特征,根据步骤(1)的作用力-位移-视觉的映射关系,得到与该图像特征相对应的标准路径中的机械臂末端的位置和姿态向量 x_0 和机械臂末端的力和力矩向量 f_0 ;

[0010] (4) 读取机械臂末端的当前位置和姿态向量 x_1 以及机械臂末端的当前力和力矩向量 f_1 ;

[0011] (5) 采用虚拟夹具方法,对与步骤(4)的数据相对应的机器人气管插管状态进行判断,包括以下步骤:

[0012] (5-1) 根据步骤(3)和步骤(4),计算机械臂末端的当前位置和姿态向量 x_1 与标准

路径中的机械臂末端的位置和姿态向量 x_0 的差值： $x = x_1 - x_0$ ，机械臂末端的当前力和力矩向量 f_1 与标准路径中的机械臂末端的力和力矩向量 f_0 的差值： $f = f_1 - f_0$ ；

[0013] (5-2) 根据步骤(5-1)的两个差值，计算判断目标函数 $y = x^T A x + f^T B f$ ，其中，上标T矩阵转置，A、B为拟合得到的系数矩阵；

[0014] (5-3) 设定对步骤(4)状态的判断阈值 y_1 和 y_2 ；

[0015] 若 $y < y_1$ ，则机器人气管插管处于安全区，进行步骤(6)，若 $y_1 \leq y \leq y_2$ ，则机器人气管插管处于缓冲区，进行步骤(6)，若 $y > y_2$ ，则机器人气管插管处于危险区，使机器人退出；

[0016] (6) 将步骤(5)的 x 和 f 合并为一个偏移向量 $P = [x, f]$ ，对机器人进行力-位移并联控制如下：利用线性映射方法，将偏移向量P、偏移向量P随时间的累积I、偏移向量P的差分D三个值，线性映射为一个控制机器人气管插管的速度-角速度信号V，若机器人气管插管处于安全区，向机器人输出信号V，若机器人气管插管处于缓冲区，输出信号 αV ，其中 α 为预设的参数， $0 < \alpha < 1$ ，实现机器人气管插管的作用力-位移-视觉的混合控制。

[0017] 本发明提出的机器人气管插管的作用力-位移-视觉混合控制方法，其优点是：

[0018] 本发明的机器人气管插管的作用力-位移-视觉混合控制方法，联合使用了气管插管中的力、位移和视觉信息，通过虚拟夹具、并联PID控制和阈值控制方法，实现了喉镜和导管的安全、高效插入，保证了插管姿态的准确性，为机器人自动气管插管提供了坚实基础。

附图说明

[0019] 图1是本发明提出的一种机器人气管插管的作用力-位移-视觉混合控制方法的流程图。

具体实施方式

[0020] 本发明提出的机器人气管插管的作用力-位移-视觉混合控制方法，首先利用插管标准路径和口腔力学模型，通过视觉图像映射得到标准路径中的对应点，分别根据机器人装置、标准路径和力学模型，读取理论与实际的位移和力信息，使用虚拟夹具方法判断所在区域安全性，根据安全分区使用并联PID调控机械臂运动速度。

[0021] 上述机器人气管插管的作用力-位移-视觉混合控制方法，其流程框图如图1所示，具体包括以下步骤：

[0022] (1) 根据机器人气管插管的历史记录数据，建立口腔中作用力-位移-视觉的映射关系；

[0023] (2) 将步骤(1)的作用力-位移-视觉映射关系和设定的标准路径输入机器人；

[0024] (3) 机器人在气管插管过程中，利用机械臂摄像头采集口腔内部图像，提取图像特征，根据步骤(1)的作用力-位移-视觉的映射关系，得到与该图像特征相对应的标准路径中的机械臂末端的位置和姿态向量 x_0 和机械臂末端的力和力矩向量 f_0 ；

[0025] (4) 从机器人和力传感器中读取机械臂末端的当前位置和姿态向量 x_1 以及机械臂末端的当前力和力矩向量 f_1 ；

[0026] (5) 采用虚拟夹具方法，对与步骤(4)的数据相对应的机器人气管插管状态进行判断，包括以下步骤：

[0027] (5-1) 根据步骤(3)和步骤(4)，计算机械臂末端的当前位置和姿态向量 x_1 与标准

路径中的机械臂末端的位置和姿态向量 x_0 的差值： $x = x_1 - x_0$ ，机械臂末端的当前力和力矩向量 f_1 与标准路径中的机械臂末端的力和力矩向量 f_0 的差值： $f = f_1 - f_0$ ；

[0028] (5-2) 根据步骤(5-1)的两个差值，计算判断目标函数 $y = x^T A x + f^T B f$ ，其中，上标T矩阵转置，A、B为拟合得到的系数矩阵；

[0029] (5-3) 设定对步骤(4)状态的判断阈值 y_1 和 y_2 ；

[0030] 机器人气管插管的状态包括安全区、缓冲区或危险区。若 $y < y_1$ ，则机器人气管插管处于安全区，进行步骤(6)，若 $y_1 \leq y \leq y_2$ ，则机器人气管插管处于缓冲区，进行步骤(6)，若 $y > y_2$ ，则机器人气管插管处于危险区，使机器人退出；

[0031] (6) 将步骤(5)的 x 和 f 合并为一个偏移向量 $P = [x, f]$ ，对机器人进行力-位移并联（简称PID）控制如下：利用线性映射方法，将偏移向量 P 、偏移向量 P 随时间的累积 I 、偏移向量 P 的差分 D 三个值，线性映射为一个控制机器人气管插管的速度-角速度信号 V ，若机器人气管插管处于安全区，向机器人输出信号 V ，若机器人气管插管处于缓冲区，输出信号 αV ，其中 α 为预设的参数， $0 < \alpha < 1$ ，本发明的一个实施例中， α 的取值为0.5，实现机器人气管插管的作用力-位移-视觉的混合控制。

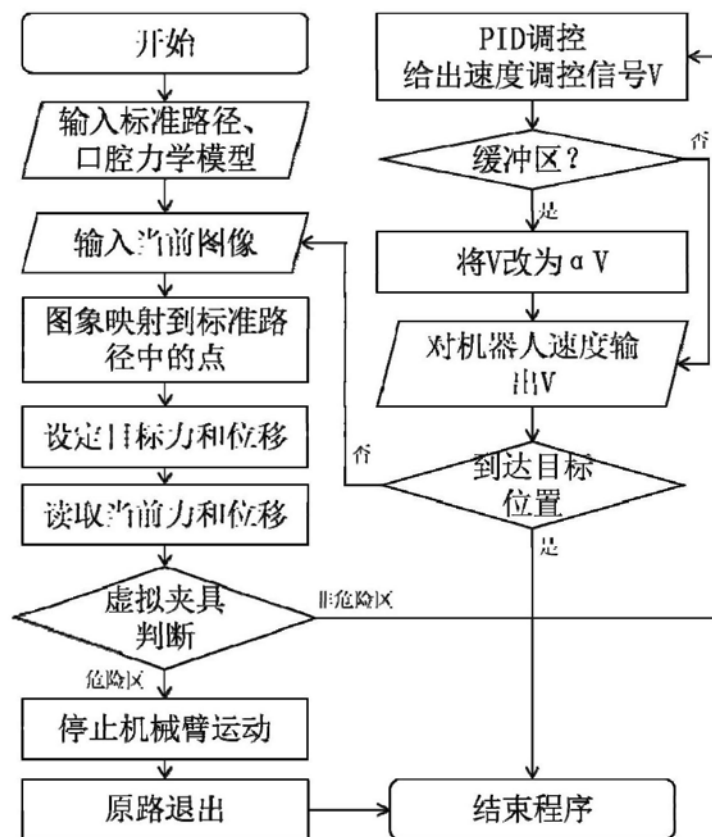


图1